

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

22 Date de dépôt : 18 avril 1989.

30 Priorité :

43 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 42 du 19 octobre 1990.

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : ELECTRICITE DE FRANCE - SERVICE NATIONAL - FR.

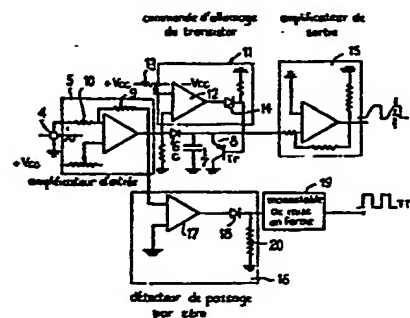
72 Inventeur(s) : Sultanem Fahd.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : Cabinet Lavoix.

54 Procédé et appareil d'analyse de signaux de courant et de tension en vue du repérage de charges à usage domestique.

57 L'appareil d'analyse comporte des moyens 4 de prélèvement du courant  $i$  et des moyens de prélèvement de la tension sur le tableau de comptage d'une installation des moyens 5, 11, 15 pour générer au moins une fois par période du signal d'entrée, une tension  $U_c$  proportionnelle à l'intensité du courant  $i$  prélevé, des moyens 16, 19 pour générer à chaque passage par zéro du signal d'entrée, un signal TTL synchronisé avec la tension  $U_c$  proportionnelle à l'intensité du courant  $i$  des moyens 2 d'échantillonnage du signal de courant  $i$ , du signal de tension  $u$ , du signal  $U_c$  proportionnel au signal de courant  $i$  et du signal TTL et des moyens de traitement d'échantillons desdits signaux destinés à établir une variation de l'intensité du courant  $\Delta i$  à partir d'un nombre prédéterminé d'échantillons du signal  $U_c$  proportionnel à l'intensité et si cette variation d'intensité est supérieure à un seuil  $\delta$  correspondant à une durée suffisante de l'événement détecté, à calculer les paramètres d'identification du phénomène à partir des signaux d'intensité et de tensions échantillonnés.



La présente invention est relative à l'évaluation de la consommation de courant électrique par les appareils à usage domestique et se rapporte plus particulièrement au repérage des charges à usage domestique par analyse des signaux de courant-tension de ces charges.

La connaissance des "charges et usages" présente un intérêt certain pour le producteur - distributeur de l'énergie électrique. Elle améliore ses capacités de prévision et de planification et constitue un élément fondamental dans l'analyse des courbes de charge qui sont à la base de la plupart des études statistiques sur l'évolution de la consommation. Elle peut, en outre, lui fournir des renseignements précieux sur la propagation des charges perturbatrices dans le réseau et l'aider à maintenir la qualité de l'énergie livrée aux usagers.

S'il est relativement aisé de recenser les charges et usages du secteur industriel, leur connaissance chez les utilisateurs domestiques reste beaucoup plus difficile en raison du nombre des usagers et de la diversité des appareils qu'ils utilisent. Il n'en demeure pas moins que la part croissante du secteur domestique dans la consommation de l'énergie qui est supérieure à 30% de la consommation totale rend de plus en plus opportune la connaissance de la ventilation de cette consommation par type d'appareil.

Pour rassembler de telles informations, trois moyens sont actuellement utilisés :

1) les campagnes d'enquêtes dont l'usage reste très limité vu les contraintes économiques et sociales qu'elles imposent et la fiabilité relative des résultats qu'elles fournissent.

2) l'installation de compteurs-enregistreurs

de courbes de charge. Le "Panel BT domestique " d'EDF est constitué de 1300 appareils installés chez des usagers pour des périodes d'une année. A partir d'une mesure de puissance moyennée sur 10 minutes, ils procurent un enregistrement sur mini-cassettes de la courbe de charge. Ils ne fournissent néanmoins aucune information directe sur les constituants de cette courbe.

3) l'installation d'un système permettant de mesurer la courbe de charge individuelle de chaque appareil. Pour cela, il existe plusieurs possibilités, parmi lesquelles, on peut citer :

- l'utilisation d'un compteur-enregistreur par appareil.

- l'utilisation d'un capteur de courant individuel pour chaque appareil. L'ensemble des capteurs est ensuite raccordé par un réseau de fils à un concentrateur qui gère et stocke les informations qu'il reçoit.

- une amélioration du système précédent, consistant à transmettre les informations issues des capteurs vers le concentrateur à travers l'installation électrique normale sous forme d'impulsions codées.

Ces dernières méthodes sont les plus satisfaisantes ; elles peuvent restituer une décomposition fine et précise de la courbe de charge globale du site. Leur usage reste toutefois restreint à l'étude de quelques appareils gros consommateurs d'énergie en raison de leur coût prohibitif et de la gêne qu'elles apportent à l'utilisateur. En pratique, elles sont essentiellement réservées à quelques "logements-laboratoires".

En Juin 1983, dans une communication au

"Load Research Symposium", organisé par l'EPRI (Electric Power Research Institute), Edward C. Kern, du MIT (Massachusetts Institute of Technology), présentait un article dans lequel il proposait de repérer les appareils électro-domestiques à partir des variations de signal qu'ils occasionnent au niveau du tableau de comptage. C.Kern introduisait la notion d'une signature caractéristique qui permettrait d'identifier les appareils. Il indiquait que les travaux qu'il avait menés ont montré, qu'une mesure du courant moyen toutes les 5 à 6 secondes sera probablement suffisante pour reconnaître la plupart des appareils gros consommateurs d'énergie.

Selon C.Kern, un appareil basé sur ce principe serait constitué de trois éléments principaux :

1) une unité centrale comportant un microprocesseur dont le rôle est de gérer l'acquisition du signal et de stocker les mesures ou de les transmettre à travers une ligne téléphonique;

2) un capteur de courant (ampèremètre) communiquant à l'unité centrale de la valeur efficace du courant sous forme numérique;

3) un algorithme de reconnaissance dont le rôle est d'affecter à chaque variation un appareil. Cet algorithme doit comporter une séquence d'apprentissage lui permettant de mémoriser la signature des appareils à surveiller. Il peut être exécuté soit par l'unité centrale, soit par l'ordinateur qui sert au dépouillement des mesures.

Dans son numéro d'avril 1986, le journal ELECTRICAL WORLD signale les travaux menés au MIT. La nouvelle description qui est faite de l'appareillage annonce une mesure plus complète intégrant les variations des puissances actives et réactives. Elle indi-

que que le dispositif d'étude est constitué d'un cap-  
teur numérique, piloté par un micro-ordinateur HP  
9845-B avec une liaison RS-232. Un taux de réussite de  
75% avec les appareils de puissance supérieure à 150-  
5 Watts est avancé. Une deuxième génération de l'algo-  
rithme de reconnaissance est annoncée avec une prévi-  
sion d'un taux de succès supérieur à 95%.

L'invention vise à créer un appareil de  
repérage des charges à usage domestique perfectionné  
10 par l'analyse au niveau du tableau de comptage d'une  
installation domestique des signaux de courant-tension  
émis par les appareils à repérer.

Elle a donc pour objet un procédé d'analyse  
des signaux de courant et de tension au niveau du  
15 tableau de comptage en vue du relevé de la courbe de  
charge et du repérage de charges à usage domestique  
qui se distinguent les unes des autres par leurs  
signaux notamment d'enclenchement, caractérisé en ce  
qu'il consiste à prélever le courant et la tension  
20 sur le tableau de comptage, à échantillonner le  
courant et la tension à une fréquence prédéterminée, à  
établir une variation de l'intensité à partir d'un  
nombre prédéterminé d'échantillons du courant, à com-  
parer cette variation à un seuil correspondant à une  
25 variation minimale d'intensité et si cette variation  
est supérieure au seuil, à déterminer l'amplitude de  
l'évènement correspondant en soustrayant de la valeur  
de l'intensité obtenue à partir du dernier échantillon  
celle de l'intensité obtenue à partir du premier  
30 échantillon dudit nombre prédéterminé d'échantillons.

L'invention a également pour objet un pro-  
cédé du type défini ci-dessus, caractérisé en ce qu'il  
consiste à générer à partir du courant une tension  
proportionnelle à l'intensité de ce courant au moins

une fois par période du signal d'entrée, à engendrer à chaque passage par zéro du signal d'entrée un signal TTL synchronisé avec la tension proportionnelle à l'intensité du courant, à échantillonner le signal de courant, le signal de tension, le signal proportionnel à l'intensité du courant et le signal TTL, à lire séquentiellement les échantillons du signal TTL, à lire la valeur des échantillons du signal proportionnel à l'intensité du courant lorsque le signal TTL de même rang est à l'état haut, à établir, une variation de l'intensité du courant à partir d'un nombre prédéterminé d'échantillons du signal proportionnel à l'intensité, et à comparer cette variation à un seuil de détection correspondant à une variation minimale du courant que l'on souhaite détecter et si la variation d'intensité du courant est supérieure au seuil, et correspond à une durée suffisante de l'évènement détecté, à calculer les paramètres d'identification du phénomène à partir des signaux d'intensité et de tension échantillonnés.

L'invention a également pour objet un appareil d'analyse de signaux de courant et de tension pour la mise en oeuvre du procédé défini ci-dessus, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de prélèvement du courant et des moyens de prélèvement de la tension sur le tableau de comptage d'une installation des moyens pour générer au moins une fois par période du signal d'entrée, une tension proportionnelle à l'intensité du courant prélevé, des moyens pour générer à chaque passage par zéro du signal d'entrée, un signal TTL synchronisé avec la tension proportionnelle à l'intensité du courant, des moyens d'échantillonnage du signal de courant, du signal de tension, du signal proportionnel au signal de courant et du

signal TTL et des moyens de traitement des échantillons desdits signaux destinés à établir une variation de l'intensité du courant à partir d'un nombre prédéterminé d'échantillons du signal proportionnel à l'intensité et si cette variation d'intensité est supérieure à un seuil correspondant à une durée suffisante de l'évènement détecté, à calculer les paramètres d'identification du phénomène à partir des signaux d'intensité et de tensions échantillonnés.

10 L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- les Fig.1 à 10 sont des diagrammes représentant les allures des courants d'enclenchement de différents appareils à usage domestique;

- la Fig.11 est un diagramme représentant les positions relatives dans le plan complexe des puissances de différents appareils;

20 - la Fig.12 est un diagramme représentant un enregistrement analogique du signal du courant observé au tableau de comptage d'une installation domestique;

- la Fig.13 est un schéma synoptique de l'appareil suivant l'invention;

25 - la Fig.14 est un schéma électrique du circuit de détection entrant dans la construction de l'appareil de la Fig.13;

- la Fig.15 est un diagramme représentant la forme des signaux obtenus à l'aide de l'appareil suivant l'invention;

30 - la Fig.16 représente l'algorithme pour la détection des signaux à l'aide de l'appareil suivant l'invention;

- les Fig.17 et 18 montrent un évènement

typique tel qu'il est détecté par le dispositif de l'invention; et

- la Fig.19 est un diagramme montrant le signal de la Fig.12 traité par l'appareil suivant l'invention.

Pour un observateur placé au niveau du tableau de comptage d'une installation, la mise en route ou l'arrêt d'un appareil provoque des variations des signaux de courant-tension que l'on peut observer.

L'identification de l'appareil responsable de ces variations nécessite la définition d'un certain nombre de paramètres d'identification aussi bien que d'une procédure de mesure.

En fonction des situations, pour identifier de façon sûre l'appareil en question, ces paramètres seront suffisants ou insuffisants.

Si les paramètres sont insuffisants, il faudra avoir recours à des informations sur l'usage concernant les conditions et le mode de fonctionnement de l'appareil.

Comme l'a suggéré C.Kern, le système de repérage doit comporter deux modules principaux :

- un dispositif de mesure.
- un algorithme d'identification.

Afin de montrer le rôle de chacun de ces modules et de mettre en évidence les problèmes posés par leur conception, il y a lieu de répondre aux questions suivantes :

A) quelles sont les grandeurs mesurables au niveau du tableau de comptage.

B) Comment identifier les appareils électrodomestiques à partir de ces grandeurs.

C) Selon quelle procédure mesurer ces grandeurs.



D) Quelles sont les informations sur l'usage qui peuvent aider à l'identification.

E) Comment concevoir l'appareillage exploitant ces grandeurs et informations.

5 On a tout d'abord examiné la question des grandeurs mesurables.

Au tableau de comptage, deux signaux sont disponibles pour la mesure.

- un signal de tension  $u$ , très peu variable  
10 en fonction de la charge.

- un signal de courant  $i$ , variable en fonction de la charge.

Ces signaux sont paramétrales par les grandeurs suivantes :

15 - des valeurs efficaces,  $U$  et  $I$   
- un déphasage  $\varphi(u,i)$   
- des transitoires d'enclenchement surtout sur le courant  $i$ .

L'analyse spectrale permet de redéfinir ces  
20 paramètres de façon indépendante pour chacune des composantes harmoniques.

Plusieurs remarques importantes s'imposent ici.

a - Les variations de la tension sont liées à la puissance de court-circuit du site considéré.  
25

Elles restent en général dans une fourchette autour de 225 V et ont deux causes différentes.

1) les variations de la tension du réseau dont les causes sont extérieures au site;

30 2) les variations de la tension dues aux raccordements des charges dans le site même.

b - La notion de déphasage doit être ici considérée avec précaution. L'introduction d'un nombre de plus en plus important d'appareils à alimentation électronique

parmi les appareils électro-domestiques a pour conséquence une déformation de l'onde de courant. Ceci est particulièrement sensible en l'absence de grosses charges résistives en fonctionnement. Or, le déphasage  
 5 n'a de sens précis qu'avec les signaux sinusoïdaux.

Si l'on souhaite pour une raison de coût éviter l'analyse spectrale, il convient d'utiliser le facteur de puissance  $f_p$  = puissance active/puissance apparente.

10 Son utilisation implique toutefois que ce soient les puissances qui servent de paramètres d'identification au lieu des valeurs efficaces  $U$  et  $I$ .

c - L'utilisation du transitoire comme paramètre d'identification pose de nombreux problèmes.

15 - la mesure du transitoire nécessite une analyse fine du signal;

- le transitoire a lieu généralement uniquement lors de la mise en route de l'appareil et très rarement lors de son arrêt;

20 - la forme et la durée du transitoire sont différentes selon le type d'appareil considéré.

- la variation observée sur le signal du courant dépend de la puissance globale consommée au moment de l'enclenchement de l'appareil.

25 Par exemple, le transitoire d'enclenchement d'un éclairage fluorescent de 80 Watts peut être distingué lorsque la puissance totale consommée est de quelques centaines de Watts. Il devient pratiquement imperceptible lorsqu'il est "noyé" dans une consommation de quelques Kilowatts.

30 d - l'analyse spectrale des signaux peut apporter des paramètres d'identification supplémentaires. Sa mise en oeuvre reste toutefois assez lourde dans l'état actuel de la technique. Néanmoins, les progrès impor-

tants auxquels on assiste dans le domaine de la micro-informatique permettent de penser que dans un avenir proche la décomposition spectrale d'un signal pourra être obtenue avec des processeurs spécialisés peu coûteux.

Dans ce contexte, en s'appuyant sur les résultats des premières mesures, la Demanderesse a choisi d'utiliser le paramètre complexe.

$$Y = I/U * fp + i I/U * \sqrt{(1-fp^2)}$$

comme paramètre principal d'identification.

A noter que pour les signaux sinusoïdaux, ou pour chacune des composantes harmoniques, la relation précédente exprime tout simplement l'admittance :

$$Y = I/U \cos\varphi + i I/U \sin\varphi$$

Pour revenir à des valeurs plus significatives telles que la puissance active P et la puissance réactive Q, il conviendra de multiplier Y par le carré d'une tension de référence, Uref = 225 V par exemple. Ce qui donne :

$$P+iQ=I/U*fp*U^2_{ref} + i I/U * \sqrt{(1-fp^2)} * U^2_{ref}$$

Dans la suite de la présente description, chaque fois qu'il sera question de puissances, il s'agira implicitement de puissances ramenées à la tension de référence 225 V.

Enfin, la détection des transitoires permet de compléter ces paramètres principaux par des paramètres supplémentaires. La façon de définir ces paramètres dépendra de la finesse avec laquelle le transitoire est détecté lors de la procédure de mesure.

A l'aide des admittances ou de P et Q définis plus haut et du transitoire d'enclenchement, il est possible de classer les appareils électro-domesti-

ques en fonction de leur type. Cette classification ne tient pas compte de l'usage de l'appareil, mais de l'image ou "signature" qu'il renvoie au point de mesure.

5 L'identification du type d'appareil constitue donc la première étape du processus de repérage.

Les observations faites sur site ont permis d'établir une classification d'après les courants d'enclenchement dont des exemples sont représentés aux  
10 Fig.1 à 10.

La catégorie des appareils résistifs est la plus importante. Elle englobe :

- les appareils chauffants tels que les convecteurs, les cuisinières, les fours, les fers à repasser et autres.  
15

Le courant d'enclenchement d'un convecteur est représenté à la Fig.1.

- les éléments chauffants de lave-linge, de lave-vaisselle ou autres appareils complexes.

20 Le courant d'enclenchement d'une cafetière électrique est représenté à la Fig.7.

- l'éclairage incandescent dont le courant d'enclenchement est représenté à la Fig.2.

Ces appareils se caractérisent par :

25 - un déphasage nul  
- une absence de transitoire à l'enclenchement ou un transitoire de très courte durée (inférieure à une période de 50 Hz).

- une absence de composantes harmoniques du  
30 courant.

Leur identification ne peut donc se baser que sur une seule valeur mesurée, celle de la puissance active.

Les appareils à pompe c'est à dire les

## 12.

appareils comprenant un moteur électrique entraînant une pompe.

Les réfrigérateurs, les congélateurs, les pompes de vidange de lave-vaisselle et de lave-linge  
5 font partie de cette catégorie.

Les courants d'enclenchement d'un réfrigérateur et d'une pompe de lave-vaisselle sont respectivement représentés aux Fig.3 et 4.

Ces appareils se caractérisent en général  
10 par :

- un déphasage important souvent de l'ordre de  $40^\circ$  à  $50^\circ$ ,

- un transitoire à l'enclenchement long et caractéristique,

- 15 - des courants harmoniques impairs.

La catégorie des appareils à moteur englobe les autres appareils comportant un moteur électrique tels que les lave-linge, les ventilateurs, les aspirateurs ou les diverses moulinettes.

20 Les courants d'enclenchement d'un moteur de machine à laver et d'un aspirateur sont respectivement représentés aux Fig.5 et 9.

Ces appareils se différencient des appareils à pompe par leurs transitoires d'enclenchement qui  
25 sont généralement moins importants.

La catégorie des appareils à alimentation électronique englobe les appareils à faible consommation tels que les téléviseurs, les magnétoscopes, les ordinateurs domestiques, les chaînes à haute fidélité.

30 Le courant d'enclenchement d'un téléviseur est représenté aux Fig.8 et 10.

Ces appareils se caractérisent par :

- un transitoire à l'enclenchement de courte durée, mais de très forte amplitude,

- un spectre de courant riche en composantes harmoniques.

La catégorie des appareils à régulation de puissance électronique rassemble divers appareils que l'on rencontre plus couramment, tels que les éclairages halogènes, certains convecteurs, certains aspirateurs ou certaines cuisinières.

Les caractéristiques de ces appareils varient généralement avec le niveau de puissance auquel ils fonctionnent.

Leur identification paraît donc assez difficile par la seule mesure des signaux au niveau du compteur, de sorte qu'il n'en a pas été tenu compte.

L'éclairage fluorescent dont le courant d'enclenchement est représenté à la Fig.6 se distingue par :

- un transitoire à l'enclenchement long, à deux paliers,

- une génération de troisième harmonique du courant très importante,

- un déphasage courant-tension important.

Le diagramme de la Fig.11 montre dans un plan puissance active-puissance réactive la dispersion des valeurs caractéristiques des appareils les plus courants. On remarquera particulièrement :

- le nombre important des appareils qui se situent autour de l'axe horizontal (appareils résistifs).

- la densité forte d'appareils dans la zone inférieure à 200 Watts.

- la quasi absence d'appareils capacitifs.

On notera enfin que la classification précédente, aussi bien que les exemples choisis, n'ont aucun caractère exhaustif. En effet, la diversité des

appareils et les différences que l'on peut trouver en fonction des marques de fabrication sont telles qu'il est pratiquement impossible de recenser simplement toutes les variantes.

5 Dans ce qui précède, on a montré qu'il est possible de caractériser un appareil par un certain nombre de paramètres qui constituent en quelque sorte sa "signature".

10 Il s'agit maintenant de déterminer la manière de lire cette signature.

En effet, la mise en route d'un appareil ou son arrêt se fait généralement alors que d'autres appareils sont déjà en fonctionnement et les paramètres d'identification sont liés non pas à la valeur du cou-  
rant, mais à sa variation.

La Fig.12 montre un enregistrement analogique du signal du courant tel qu'on peut l'observer au tableau de comptage. Le rôle de la procédure de mesure est d'isoler à chaque discontinuité du signal des pa-  
ramètres à partir desquels on peut identifier un appa-  
reil responsable de l'évènement.

Trois problèmes principaux se posant à ce niveau :

- un problème de résolution
- 25 -- un problème de fluctuation et de dérive
- un problème de détection

Ce sont ces trois points qui vont être développés ci-après.

#### La résolution de la mesure

30 Pour que l'identification d'un appareil soit possible, il est indispensable que sa puissance soit nettement supérieure à la résolution minimale du dispositif de mesure. Par ailleurs, pour que cet appareil ne puisse pas être confondu avec un autre appareil, il

faut que l'écart de puissance entre les appareils du site soit supérieur à cette même résolution.

Ces deux principes élémentaires conditionnent la structure de l'appareillage de mesure et délimitent ses possibilités.

Pour bien situer ce problème, on considère un exemple typique; soit un logement équipé d'un compteur monophasé 45 A - 9 kW dans lequel on installe un appareillage de mesure étalonné pour un courant maximal de 50 A. Si l'on suppose que la précision de cet appareillage est de  $\pm 0,5 \%$ , l'erreur sur les puissances mesurées est alors de l'ordre de  $\pm 1 \%$  soit environ  $\pm 100$  W. Un tel appareillage n'est donc utilisable que pour le repérage des charges dont la puissance est au moins de l'ordre de quelques centaines de Watts. Il ne permettra en outre pas de différencier correctement les charges dont les niveaux de puissance diffèrent de moins de 200 W. Cet exemple montre la nécessité d'un dispositif de mesure ayant une très bonne résolution.

En pratique, comme on le verra par la suite, les valeurs de  $u$  et  $i$  seront issues d'une mesure numérique. Une résolution minimale de 12 bits paraît alors nécessaire. En effet, si on désigne par  $dU$  et  $dI$  les résolutions minimales, on peut écrire (en tenant compte d'un bit de signe) :

$$dI = I_{\max}/2048 \text{ et } dU = U_{\max}/2048$$

où  $I_{\max}$  et  $U_{\max}$  sont les valeurs de crête maximales pour lesquelles l'appareillage a été calibré. Pour des signaux sinusoïdaux, la précision d'une mesure de puissance peut être calculée alors d'après la relation :

$$P \pm dP = 1/2 (U \pm dU) * (I \pm dI)$$

L'erreur maximale est alors :



$$dP = \pm 1/2 (UI_{\max}/2048 + U_{\max}I/2048 + U_{\max}I_{\max}/2048^2)$$

La tension variant dans de très faibles proportions, on peut supposer que le calibrage est tel que  $U = U_{\max}$ . En négligeant le dernier terme, la relation précédente s'écrit :

$$dP = \pm (P_{\max}/2048 + P/2048)$$

ou  $P_{\max} = 1/2 U_{\max}I_{\max}$  est une constante pour un calibrage donné.

En reprenant l'exemple précédent où  $P_{\max} = 9$  kW, on trouve une erreur :

$$dP = \pm (4.5 + P/2048)$$

soit, pour  $P = P_{\max}/2$ , une résolution d'environ 7 W.

En tenant compte du fait que la puissance d'un appareil est le résultat de deux mesures, l'une avant son enclenchement et l'autre après, on peut déduire que l'erreur maximale sera d'environ  $\pm 14$  W.

Plusieurs remarques peuvent compléter cette analyse :

a - le calcul précédent tient compte uniquement de la résolution numérique. On suppose implicitement que le capteur et la partie électronique ont des performances (linéarité, bruit ...) supérieures.

b - l'erreur sur la puissance réactive est a priori identique à celle sur la puissance active. Toutefois, on notera que la consommation de puissance réactive des charges domestiques reste faible par rapport à celle de la puissance active, et en général la puissance unitaire des appareils dépasse rarement 100-150 Var. Une précision de  $\pm 14$  Var conduit dans ce cas à une erreur relative plus grande.

c - au niveau de l'analyse harmonique, la situation est nettement plus critique, car il s'agit alors de mesurer des grandeurs très proches du seuil de résolution. En effet, les appareils générateurs

d'harmoniques sont en moyenne de faible puissance et les variations à détecter restent très petites. La précision avec laquelle elles sont mesurées dépend considérablement du taux d'harmonique de la tension réseau.

On prend, à titre d'exemple, l'enclenchement d'un appareil de 100W (soit environ 500 mA pour l'harmonique un), un générateur de courant harmonique trois à 10%, dans un site où la tension du réseau est déjà polluée à 2% de cet harmonique. Si le courant consommé à ce moment est de 30 A, la variation d'harmonique trois à détecter est alors au plus  $\Delta I_3 = 50 \text{ mA}$  à partir d'un signal  $I_3 = 600 \text{ mA}$ , alors que, pour un calibre  $I_{\text{max}} = 50 \text{ A}$ , l'erreur sur  $I$  est déjà de  $50/2048 = \pm 25 \text{ mA}$ . En réalité, le problème est plus complexe, car les harmoniques générés par la charge ne sont à priori pas en phase avec ceux du réseau et leur somme vectorielle n'est pas facile à mesurer.

Cet exemple montre que l'utilisation de l'analyse spectrale pour obtenir des paramètres d'identification quantitatifs est assez difficile et nécessite pratiquement un échantillonnage indépendant à travers des filtres rejeteurs de 50 Hz. Elle peut toutefois fournir des éléments d'aide à l'identification dans plusieurs situations, notamment :

- lorsqu'un appareil générateur d'harmoniques se déclenche alors que la puissance globale consommée est faible.
- lorsque l'appareil génère un fort taux d'harmoniques. Un éclairage fluorescent qui génère 30% d'harmonique trois sera, par exemple, plus facile à identifier par la mesure de cet harmonique que par une mesure des r.m.s.
- lorsque l'appareil génère des harmoniques

qui n'existent pas couramment dans la tension du réseau.

Enfin, on note que l'information simple, non quantifiée, du type " le taux de l'harmonique n a augmenté ou diminué suite à un enclenchement " est une information utile. Associée aux autres informations disponibles, elle permettra d'attribuer l'enclenchement à l'appareil X ou Y.

d - il est possible d'améliorer considérablement la résolution numérique de l'appareillage de mesure en utilisant un gain variable programmable au niveau de l'amplificateur d'entrée de mesure du courant.

#### La fluctuation et la dérive du courant

En régime établi, le courant appelé par un nombre important d'appareils électro-domestiques présente deux types de fluctuations :

a - des fluctuations liées à de petites variations de charges, comme dans le cas d'un aspirateur ou d'un moteur de lave-linge.

b - une dérive liée à l'augmentation de la résistivité à cause de l'échauffement. C'est le cas de la plupart des appareils chauffants qui n'atteignent un régime stable qu'après plusieurs minutes de fonctionnement. La puissance consommée par ce type d'appareil peut varier de 5 à 10% selon qu'elle est mesurée au moment de la mise en route ou celui de l'arrêt. A titre d'exemple, la puissance d'un convecteur de 1000 W est couramment mesurée à 1020 W au moment de la mise en route et à 900 à 950 W au moment de l'arrêt.

Ces deux phénomènes sont très gênants lorsqu'il s'agit de repérer des appareils de faible puissance (<1000W). Ils peuvent conduire à des écarts im-

portants entre les valeurs mesurées et les valeurs de référence. Pour atténuer leurs effets, la procédure de mesure doit satisfaire deux impératifs contradictoires :

5                   - les valeurs mesurées doivent être moyennées sur un temps long pour atténuer les fluctuations de charge.

                  - la mesure doit être locale (instantanée) pour éviter l'effet de la dérive.

#### 10   La détection des événements

                  Les paramètres d'identification étant liés à la variation du courant, la procédure de mesure doit permettre d'isoler cette variation à partir d'une détection des événements. En fonction de la fréquence  
15 des mesures et de la dimension de la fenêtre d'analyse, il est possible d'envisager trois formes de procédure de mesure :

- asynchrone et périodique
- synchrone
- 20                   - continue

                  Le choix d'une forme dépend de la puissance minimale à détecter.

##### a) La mesure asynchrone

                  Elle consiste à mesurer P et Q de façon cyclique, ce qui revient à restituer une courbe de charge classique.  
25

                  Cette méthode est intéressante par la simplicité de sa mise en oeuvre. Si la périodicité du cycle de mesure est assez grande (quelques secondes),  
30 elle laisse un temps important pour le traitement des résultats.

                  Néanmoins, l'expérience montre qu'il est assez fréquent que des événements aient lieu avec des écarts dans le temps qui sont de l'ordre de la secon-

de. Cette probabilité est d'autant plus importante que le nombre d'appareils sur le site est grand ou qu'un appareil à cycle court, tel que le lavè-linge (dont le cycle est de quelques secondes), est en fonctionnement. Dans ces conditions, plusieurs types de situations peuvent rendre l'interprétation de la mesure très difficile, notamment :

- si plusieurs évènements ont lieu entre deux mesure successives.
- si une mesure inclut l'instant où l'évènement a lieu.
- si une mesure englobe un transitoire important.

Afin d'éviter ce genre de situation, il faut augmenter la fréquence de la mesure. On tend alors vers la méthode de mesure continue qui sera décrite par la suite.

#### b) La mesure synchrone

Le principe de cette méthode est de se synchroniser sur les évènements et de ne déclencher le cycle de mesure qu'une fois qu'un évènement a été détecté. Ceci nécessite l'utilisation d'un module de détection analogique ou numérique.

On notera qu'il s'agit ici de détecter des variations de niveau et non un dépassement de seuil. La réalisation d'un module de détection analogique est dans ces conditions assez difficile et peu fiable, car il serait sensible aux perturbations. Une détection numérique paraît donc mieux adaptée à cette situation; elle peut comporter de nombreux tests qui assurent une sorte de filtrage numérique.

#### c) La mesure continue

C'est la méthode la plus performante. Son principe est de mesurer de façon continue P et Q en

intégrant les signaux sur un petit nombre de périodes (5-10 périodes) et de comparer chaque mesure à la mesure précédente. Si une variation est détectée, on peut alors calculer les paramètres d'identification de façon locale.

Cette méthode présente plusieurs avantages :

- la détection des événements se fait de façon numérique; elle peut être donc très précise.
- on peut garder en mémoire un certain nombre de mesures antérieures, ce qui permet de caractériser l'évènement de façon locale (on dispose du signal avant, pendant et après l'évènement).
- contrairement aux deux méthodes précédentes, celle-ci permet d'analyser même les transitoires de courtes durées.

Sa mise en oeuvre nécessite toutefois des performances numériques plus élevées et laisse surtout moins de temps pour l'exécution de l'algorithme d'identification.

#### 20 Les informations sur l'usage

La dernière étape du processus de l'identification est nécessairement une comparaison entre les paramètres mesurés et un tableau de valeurs. Etant donné les différents problèmes signalés plus haut, cette comparaison n'est pas toujours aisée, et souvent les paramètres mesurés seuls ne sont pas suffisants pour identifier un appareil responsable de l'évènement. Selon les cas, il faudra faire le choix entre deux, trois appareils ou plus. C'est à ce niveau qu'interviennent les informations sur l'usage qui permettent de favoriser un choix.

Ces informations sur l'usage peuvent être de nature très différentes, la seule limite à leur diversité est ce qui est "raisonnablement programmable".

On en cite quelques unes ci-après;

- l'état marche-arrêt

C'est ce qui exprime qu'un appareil en état de marche ne peut que s'arrêter et inversement.

5

- le cycle

Si on connaît le cycle de fonctionnement d'un appareil, on lui affectera en priorité un événement correspondant à son cycle.

On rencontre deux catégories de charges  
10 électro-domestiques :

- les charges à cycle de durée constante, telles que le lave-linge ou le lave-vaisselle dont les cycles sont pré-programmés.

- les charges à cycle variable, telles que  
15 les appareils thermostatés dont la durée du cycle varie en fonction de paramètres externes. A titre d'exemple, le cycle d'un convecteur dépend de la température extérieure, et celui d'une cuisinière de la nature du récipient qu'elle chauffe.

20 Si dans le premier cas, le cycle peut être considéré comme une donnée mesurable d'avance, dans le deuxième cas, l'algorithme d'identification doit être capable de repérer le cycle et d'évaluer sa durée.

- l'association d'événements

25 - Dans le cas des charges constituées de plusieurs éléments, il est possible de favoriser le choix d'un élément à partir du moment où on a détecté de façon sûre d'autres éléments. Si on repère la résistance de chauffage d'un lave-linge par exemple, on  
30 peut favoriser le choix de son moteur ou de sa pompe de vidange pendant la durée d'un cycle de lavage.

- la date des événements

La connaissance de l'usage de l'appareil permet de favoriser son choix en fonction des horaires

et des dates. On favorisera par exemple, le choix du réfrigérateur pour un évènement qui a lieu à 3 heures du matin et la cafetière pour un évènement qui a lieu entre 7 et 8 heures.

5            Ces informations sur l'usage sont des éléments fondamentaux pour l'identification. Elles fournissent le moyen de pallier les incertitudes de la mesure. Leur intégration dans l'algorithme de reconnaissance n'est toutefois pas simple du fait qu'elles ne  
10           s'expriment pas par des relations mathématiques, mais par des évaluations basées sur des raisonnements logiques.

          A travers les divers éléments analysés précédemment, il apparaît que le processus du repérage  
15           peut être séparé en trois étapes :

          a- l'apprentissage

          Il consiste à acquérir les paramètres d'identification des appareils ainsi que les informations sur leurs usages.

20           b- l'acquisition

          C'est la détection des évènements au niveau du compteur et leur transcription sous forme de paramètres d'identification.

          c- l'identification

25           Elle consiste à comparer les mesures aux données afin d'identifier les charges.

          Ces trois étapes sont pratiquement indépendantes et peuvent être exécutées à des moments différents au sein d'une même unité ou par des unités différentes.  
30

          Il existe par conséquent, deux façons de concevoir le dispositif de repérage :

          a) on réalise "un compteur d'évènements" dont le rôle est uniquement de mémoriser les évènements.



ments sous forme de paramètres d'identification. La relève de ce compteur permet dans un deuxième temps de traiter les résultats dans une unité centrale de calcul.

- 5                   b) on réalise "un appareillage compact" capable d'exécuter les trois opérations précédentes et de restituer une information du type "à l'instant t l'appareil x a démarré".

Ces deux conceptions sont assez différentes.

- 10   La première correspond à une approche "système", la seconde est une approche "appareillage de mesure".

- Avec le "compteur d'évènement", on reproduit en fait un enregistreur de courbe de charge performant, capable de faire une "compression de données",  
15   des signaux disponibles au tableau de comptage. Outre le repérage des appareils, ce compteur permet de reconstituer les courbes de charge classiques "moyennées 10 minutes" ou d'étudier les pointes de consommation de courtes durées.

- 20               Le traitement différé des mesures permet de se libérer des contraintes de temps et de développer par conséquent un algorithme d'identification performant. Un schéma idéal de l'ensemble serait le suivant:

- un parc de compteurs d'évènements instal-  
25   lés chez les usagers.

                  - une unité centrale qui reçoit par télérelève les informations acquises par les compteurs.

- un algorithme d'identification basé sur un système expert que l'on développe progressivement pour  
30   constituer une base de donnée dans laquelle sont répertoriés les paramètres d'identification des divers appareils électro-domestiques et une base de faits qui associe à chaque type d'appareil une certaine méthodologie d'identification qui exploite ses caractéristi-

ques les plus marquantes.

La version "appareil compact" correspond à une vision plus sélective des objectifs. En effet, si on s'intéresse uniquement aux charges grosses consom-  
5 matrices d'énergie, la réalisation d'un appareil compact est plus simple. Elle permet surtout de sélectionner les événements intéressants immédiatement après la mesure et de stocker un nombre d'informations nettement plus petit que les mémoires de masse statiques donc peu coûteuses, ou la possibilité d'espacer  
10 les relèves et de diminuer ainsi le coût de l'exploitation. On notera néanmoins, que ce dernier argument perd son intérêt si l'appareillage est conçu avec une télérelève automatique.

15 L'appareil de repérage suivant l'invention est conçu selon la configuration "compteur d'événements". Il permet de constituer, dans un premier temps, des fichiers de mesures dans lesquels sont paramétrés les événements avec les quatre grandeurs  
20 suivantes :

- la variation de puissance active.
- la variation de puissance réactive.
- la durée du transitoire.
- la date.

25 Dans un deuxième temps, ces fichiers sont traités par un logiciel d'identification exploitable avec l'appareil lui-même ou avec tout autre micro-ordinateur compatible PC.

30 L'appareil suivant l'invention est représenté à la Fig.13.

Il comporte un micro-ordinateur 1 par exemple du type COMPAQ portable compatible PC-AT. Il est équipé d'un microprocesseur INTEL 80286 à 8 MHz, de 640 k-octets de mémoire RAM, d'un disque fixe de 20

M.octets et d'une unité de disquette de 360 K-octets.

Au micro-ordinateur 1 est associée une carte d'acquisition 2 constituée par un circuit électronique programmable qui est connecté aux entrées I et U de  
5 courant et de tension de l'appareil.

C'est une carte de conversion analogique-numérique DATA TRANSLATION à 12 bits de type DT-2831-F-8DF par exemple.

Elle est équipée de huit voies d'entrées différentielles multiplexées à gains variables.  
10

Elle peut assurer un échantillonnage avec une fréquence programmable entre 1 et 130 000 Hz.

L'appareil comporte en outre un circuit 3 de mise en forme et de conditionnement relié entre  
15 l'entrée de courant de l'appareil et la carte d'acquisition.

Il s'agit d'un circuit électronique de conception spéciale.

Il est destiné à générer deux signaux à partir desquels il est possible de faire une analyse  
20 rapide des variations du courant. Ces signaux seront numérisés dans la carte d'acquisition en même temps que U et I. Grâce au multiplexage, il est possible de localiser rapidement sur le signal i tout événement  
25 repéré par eux.

A la carte d'acquisition est associé un logiciel d'acquisition dont le rôle est de piloter la carte et de créer les fichiers de mesure.

L'acquisition est basée sur l'utilisation de  
30 la fonction double DMA (mémoire à accès direct) de la carte 2 de conversion analogique-numérique.

La fonction double DMA peut être décrite comme suit.

On définit dans la mémoire centrale de l'or-

Le contrôleur 1 deux zones identiques de mémoire tampon et on communique à la carte de conversion les adresses de début de ces zones.

Le contrôleur de DMA de la carte 2 se charge ensuite de remplir directement de façon alternative ces deux zones de mémoire tampon avec les valeurs saisies par l'échantillonneur.

Ce type d'acquisition permet de faire du traitement en temps quasi-réel.

Le processeur du micro-ordinateur 1 ne joue aucun rôle dans la gestion de l'acquisition; il est par conséquent disponible pour traiter les échantillons d'une mémoire tampon pendant que le contrôleur de DMA est en train de remplir la seconde.

Une seule contrainte existe avec ce mode de fonctionnement; la durée du traitement d'une mémoire tampon ne doit pas dépasser son temps d'acquisition.

Le circuit de détection de l'appareil va maintenant être décrit en référence à la Fig.14.

Il comporte une pince ampèremétrique 4 de mesure du courant  $i$  connectée à un amplificateur d'entrée 5 dont la sortie est connectée par l'intermédiaire d'une diode 6 ne laissant passer que l'alternance positive du signal à un condensateur 7 et au trajet émetteur-collecteur d'un transistor 8 connecté en parallèle sur le condensateur entre la diode 6 et la masse.

L'amplificateur d'entrée 5 est constitué par un amplificateur opérationnel ayant une résistance 9 connectée entre sa borne reliée à la pince ampèremétrique 4 et sa sortie, et une résistance 10 de liaison de l'entrée de l'amplificateur à la pince ampèremétrique 4, les résistances 9 et 10 étant connectées en série. Ces deux résistances définissent avec le conden-

sateur 7 un circuit RC de constante de temps très faible.

5 La base du transistor 8 est connectée à la sortie d'un circuit 11 de commande d'allumage du transistor comprenant un amplificateur opérationnel 12 dont une entrée est connectée au curseur d'un potentiomètre 13 de réglage d'une tension continue +Vcc, -Vcc et dont l'autre entrée est reliée à la sortie de l'amplificateur d'entrée 9.

10 La sortie de l'amplificateur 12 est connectée à la base du transistor 8 par l'intermédiaire d'une diode 14.

15 Le point de jonction du condensateur 7 et du transistor 8 est connecté à l'entrée d'un amplificateur de sortie 15 qui délivre à sa sortie un signal Io.

20 La sortie de l'amplificateur d'entrée 5 est en outre connectée à l'entrée d'un détecteur 16 de passage par zéro comprenant un amplificateur 17 dont une entrée est connectée à la sortie de l'amplificateur d'entrée et dont l'autre entrée est reliée à la masse et dont la sortie est connectée par l'intermédiaire d'une diode 18 à un circuit monostable de mise en forme 19. Le point de jonction de la diode 18 et du monostable 19 est relié à la masse par l'intermédiaire d'une résistance 20. La sortie du circuit monostable délivre un signal TTL.

25 Le circuit qui vient d'être décrit comporte une sortie de mémoire analogique de courte durée. Pour cela, aux bornes du condensateur 7, il y a production d'une tension  $U_c$  qui prend pendant environ un quart de période une valeur proportionnelle à la valeur de crête de  $i$  soit  $I$ . Cette tension  $U_c$  est réactualisée à chaque période.

Pour faciliter la lecture de cette mémoire, on génère un deuxième signal de type TTL synchronisé par rapport à la tension  $U_c$ .

5 Ces deux signaux sont appliqués en même temps que les signaux  $i$  et  $u$  à la carte d'acquisition pour être échantillonnés et testés en continu par l'algorithme de détection selon une procédure qui va être décrite par la suite.

10 Le signal du courant mesuré avec la pince ampéremétrique charge, après amplification le condensateur 7 avec une très faible constante de temps comme expliqué plus haut.

15 La tension  $U_c$  aux bornes du condensateur 7 croît proportionnellement au courant pendant un quart de période, puis reste constante.

Le transistor 8 permet de décharger le condensateur C rapidement et de façon cyclique.

20 Le cycle d'allumage du transistor 8 est obtenu à partir d'une détection du passage par zéro du signal à 50 Hz dans le circuit 11.

Il est réglé de telle sorte que le condensateur 7 peut se charger pendant toute l'alternance positive et se décharger aussitôt que l'alternance négative est entamée.

25 Le signal de type TTL généré par le circuit 16 et mis en forme par le monostable 19 est calé de telle sorte qu'il prend le niveau haut lorsque  $U_c$  atteint sa valeur de crête, et le niveau bas lorsque le condensateur 7 se décharge ( $U_c = 0$ ).

30 La Fig.15 montre la forme des signaux de détection obtenus ainsi que leur synchronisation par rapport aux signaux  $u$  et  $i$ .

Les signaux  $U$ ,  $I$ ,  $U_c$  et TTL sont repérés sur cette figure par leurs désignations correspondantes.

30

On note en particulier la synchronisation du signal TTL avec  $U_c$ .

La détection des signaux est réalisée selon l'algorithme qui va être décrit en référence à la Fig.16.

Les signaux  $u$ ,  $i$ ,  $U_c$  et le signal TTL sont échantillonnés, multiplexés dans la carte d'acquisition 2 et mémorisés dans les mémoires tampon de la DMA de l'ordinateur 1.

Pendant le chargement d'une mémoire tampon, l'autre mémoire tampon est traitée de la façon suivante.

a) les échantillons du signal TTL sont lus séquentiellement et la valeur de chaque échantillon est testée.

Si elle est égale à zéro, on passe à l'échantillon suivant;

Si elle est égale à un (niveau haut) on lit la valeur de l'échantillon de  $U_c$  de même rang et on le range dans un tableau  $tab$ .

On se décale ensuite d'un nombre d'échantillons égal à environ  $8/10$  de période et on reprend la lecture du signal TTL.

b) les valeurs de  $U_c$  lues correspondent donc aux valeurs crêtes  $I$  de l'intensité  $i$  mesurée une fois par période. La taille du tableau  $tab$  est donc égale au nombre de périodes  $p$  contenues dans une mémoire tampon.

c) le premier test consiste à comparer  $\delta I = tab(1) - tab(p)$  à un seuil de détection  $\delta$  correspondant à la variation minimale du courant que l'on souhaite détecter.

- si  $\delta I < \delta$ , on admet qu'aucune variation durable, donc intéressante, n'a eu lieu dans l'inter-

31

valle analysé, et la mémoire tampon correspondante peut être effacée. On attend alors que la seconde mémoire tampon soit pleine pour recommencer le cycle.

- si  $\delta I > \delta$ , on attend que la seconde mémoire tampon soit pleine puis on commande un arrêt de l'acquisition.

On constitue alors un nouveau tableau TAB dans lequel on range les valeurs de I des deux mémoires tampons.

La taille du tableau TAB est donc égale à 2p.

Le second test consiste à comparer :

$$\Delta I = |TAB(1) - TAB(2p)| \text{ à } \dots$$

Si  $\Delta I > \delta$ , on admet qu'un événement durable a eu lieu. On active alors la procédure de calcul des paramètres d'identification.

Si  $\Delta I < \delta$ , on considère que l'événement détecté est de trop courte durée, donc inintéressant.

On relance le cycle d'acquisition sans activer la procédure de calcul.

On notera que pour assurer la liaison entre les tampons successifs, il convient de rajouter au tableau tab, un élément supplémentaire tab(0) dans lequel on range la valeur du dernier élément tab(p) du tableau précédent. Les tests sont alors faits avec tab(0) au lieu de tab(1).

Les Fig.17 et 18 montrent un événement typique tel qu'il est détecté par le dispositif de l'invention.

La Fig.17 représente un événement tel qu'il est détecté et la Fig.18, représente le même événement vu par le signal de détection Uc.

Le calcul de la puissance active P et de la puissance réactive Q est alors effectué de la façon



suivante.

On calcule, à partir de données disponibles dans les tampons, les paramètres qui caractérisent l'évènement. Ce calcul se fait selon les étapes suivantes :

a) localisation de l'évènement :

Pour localiser l'évènement dans les tampons, on utilise le tableau TAB. Partant de l'élément TAB(0), on cherche le premier élément (pos) qui satisfait la relation :

$$|TAB(0) - TAB(pos)| > \delta$$

Lorsque cette relation est satisfaite, pos définit la position du début de l'évènement dans la fenêtre d'observation (Fig.18).

b) analyse du transitoire :

Elle vise deux objectifs :

- délimiter la fin du transitoire, afin de ne pas l'inclure dans la zone où seront calculées les puissances.

- paramétrer le transitoire. Ce paramétrage peut se faire par plusieurs méthodes plus ou moins complexes. Actuellement, on compte sa durée en nombre de périodes.

Cette analyse se fait à l'aide du tableau TAB. Elle consiste, en partant de l'élément TAB(pos), à rechercher l'élément de rang f qui satisfait la relation :

$$|TAB(pos) - TAB(f)| < \delta$$

La durée du transitoire est alors (Fig.18) :

$$TRAN = f - pos$$

c) calcul de la variation des puissances :

La variation des puissances entre le début et la fin de la fenêtre d'observation est calculée à partir des signaux u et i.

33

En effet, on a :

$$I_{eff} = \sqrt{1/nT \int i^2 dt}$$

$$U_{eff} = \sqrt{1/nT \int u^2 dt}$$

$$P = 1/nT \int u \cdot i dt$$

- 5 où  $1/dT$  est la fréquence d'échantillonnage,  $nT$  le nombre entier de périodes sur lesquelles on intègre, et  $N$  le nombre d'échantillons.

- 10 Etant donné que  $nT$  est petit (inférieur à 10) et que l'on a en général 30 à 40 échantillons par période, on choisira la fréquence d'échantillonnage de telle sorte que  $nT = Ndt$  (c'est à dire le nombre d'échantillons constituant un tampon doit représenter un nombre entier de demi-période 50Hz)1. Dans ces conditions, on peut calculer le facteur de puissance :

15

$$pf = \sum u \cdot i / \sqrt{\sum u^2 \cdot \sum i^2}$$

$$\text{et le rapport } I_{eff}/U_{eff} = \sqrt{\sum i^2 / \sum u^2}$$

- 20 En moyenne, l'intervalle de sommation est choisi d'environ 3 à 5 périodes. Pour minimiser l'erreur, il est délimité par deux passages par zéro du signal  $u$ .

- 25 Les relations précédentes permettent de déduire les puissances ramenées à la tension de référence.

$$P = I_{eff}/U_{eff} \cdot pf \cdot U_{ref}^2$$

$$Q = I_{eff}/U_{eff} \cdot \sqrt{1-pf^2} \cdot U_{ref}^2$$

- 30 Pour chaque événement,  $P$  et  $Q$  sont calculées deux fois. Une première fois en début de fenêtre d'observation (avant l'évènement), et une seconde fois à la fin de la fenêtre (après l'évènement et au-delà du transitoire délimité par  $f$ ).

On note que dans les situations où la posi-

tion de l'évènement est trop proche du début de la fenêtre d'observation (pos<2), il est impossible de calculer P et Q avant l'évènement. Dans ces conditions, on les remplace par les dernières valeurs mesurées lors de l'évènement précédent.

d) sauvegarde des résultats :

Avant de sauvegarder les résultats sur le disque dur, un dernier test est fait pour vérifier que la variation de puissance active au cours de l'évènement est bien supérieure au seuil de détection. Si le résultat de ce test est positif, les valeurs de TRAN, P, Q et la date sont sauvegardées dans un fichier de mesures sous la forme d'un enregistrement PASCAL (record).

Pour dater les évènements, on utilise l'horloge interne du micro-ordinateur. Cette date est déterminée par l'écart de temps, décompté en secondes, entre le démarrage des mesures et le moment où l'évènement a lieu.

La Fig.19 montre, à titre d'exemple, le résultat obtenu par le traitement du signal de la Fig. 12. La comparaison de la Fig.19 à la Fig.12, montre que l'appareil permet de faire une compression de données fidèle.

En effet, même les évènements de très courtes durées sont bien reproduits dans ce cas.

A signaler enfin, que le logiciel d'acquisition permet par le choix d'une option, de sauvegarder les deux mémoires tampon de DMA qui contiennent les signaux temporels de l'évènement. Cette sauvegarde se fait dans un fichier indépendant qui peut être analysé par un logiciel de visualisation.

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, l'acquisition des informations relatives aux

signaux à analyser peut être assurée à l'aide d'un logiciel ne faisant pas appel à un circuit de détection analogique.

Cette version est basée sur une acquisition  
5 continue des signaux de tension et de courant  $u$  et  $i$ , sans interruption de DMA.

L'acquisition des signaux  $u$  et  $i$  est faite par des tampons de 10 périodes échantillonnés à une fréquence permettant d'obtenir de 20 à 40 points par  
10 période et en particulier, à une fréquence de 1,5 kHz, par exemple, ce qui correspond à 30 points par période pour chaque signal.

A partir des valeurs de courant prélevées, on procède à la détection des événements par l'une des  
15 deux méthodes suivantes :

1) Au lieu d'utiliser les valeurs crêtes obtenues à l'aide du module de détection analogique, on remplit le tableau TAB par les valeurs efficaces des courants  $i$  obtenus par des intégrations numériques  
20 successives sur des intervalles d'une période.

On traite ensuite les données contenues dans ce tableau selon la méthode décrite précédemment.

2) Une mémoire tournante conserve les trois dernières valeurs de  $I_0$ ,  $I_1$  et  $I_2$  correspondant à  
25 l'intégration du courant  $i$  sur trois mémoires tampons successives.

La différence  $I_2 - I_1$  est testée en continu.  
Si  $|I_2 - I_1| > \delta$ , on conserve  $I_0$  et on attend  
que la valeur de  $I$  se stabilise pour s'assurer que le  
30 transitoire est terminé (soit  $|I_2 - I_1| < \delta$ ).

L'évènement est alors caractérisé par  $\Delta I = |I_2 - I_0|$ .

Cette version présente deux avantages vis à vis du mode réalisation décrit plus haut.

Elle ne nécessite pas de module analogique de détection.

Elle permet une acquisition continue; des évènements espacés de 2 dixièmes de seconde sont  
5 détectés.

Les puissances active et réactive P et Q sont calculées en continu par intégration des échantillons de courant et de tension.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'analyse des signaux de courant et de tension (i,u) au niveau du tableau de comptage en vue du relevé de la courbe de charge et du repérage de charges à usage domestique qui se distinguent les unes des autres par leurs signaux notamment d'enclenchement, caractérisé en ce qu'il consiste à prélever le courant (i) et la tension (u) sur le tableau de comptage, à échantillonner le courant et la tension à une fréquence prédéterminée, à établir une variation de l'intensité ( $\Delta I$ ) à partir d'un nombre prédéterminé d'échantillons du courant, à comparer cette variation à un seuil ( $\delta$ ) correspondant à une variation minimale d'intensité et si cette variation est supérieure au seuil ( $\delta$ ), à déterminer l'amplitude ( $\Delta I = I_2 - I_0$ ) de l'évènement correspondant en soustrayant de la valeur de l'intensité ( $I_2$ ) obtenue à partir du dernier échantillon celle de l'intensité ( $I_0$ ) obtenue à partir du premier échantillon dudit nombre prédéterminé d'échantillons.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la fréquence d'échantillonnage des signaux de tension et de courant permet d'obtenir 20 à 40 points par période pour chaque signal et en ce qu'il consiste en outre à calculer les puissances active P et réactive Q en continu par intégration des échantillons de courant et de tension.

3. Procédé suivant l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la variation d'intensité ( $\Delta I$ ) est une variation d'intensité efficace.

4. Procédé suivant la revendications 1, caractérisé en ce qu'il consiste à générer à partir du courant (i) une tension ( $U_c$ ) proportionnelle à l'intensité de ce courant au moins une fois par période du

signal d'entrée, à engendrer à chaque passage par zéro du signal d'entrée un signal TTL synchronisé avec la tension ( $U_c$ ) proportionnelle à l'intensité du courant ( $i$ ), à échantillonner le signal de courant ( $i$ ), le  
5 signal de tension ( $u$ ), le signal ( $U_c$ ) proportionnel à l'intensité du courant et le signal TTL, à lire séquentiellement les échantillons du signal TTL, à lire la valeur des échantillons du signal ( $U_c$ ) proportionnel à l'intensité du courant ( $i$ ) lorsque le signal TTL  
10 de même rang est à l'état haut, à établir, une variation de l'intensité du courant ( $\Delta I$ ) à partir d'un nombre prédéterminé d'échantillons du signal ( $U_c$ ) proportionnel à l'intensité, et à comparer cette variation à un seuil de détection ( $\delta$ ) correspondant à une  
15 variation minimale du courant que l'on souhaite détecter et si la variation d'intensité du courant  $\Delta I$  est supérieure au seuil ( $\Delta I > \delta$ ), ce qui correspond à une durée suffisante de l'évènement détecté, à calculer les paramètres d'identification du phénomène à  
20 partir des signaux d'intensité ( $i$ ) et de tension ( $u$ ) échantillonnés.

5. Procédé d'analyse suivant la revendication 4, caractérisé en ce qu'après leur échantillonnage, les signaux de courant ( $i$ ) de tension ( $u$ ), le  
25 signal ( $U_c$ ) proportionnel à l'intensité du courant et le signal TTL sont chargés successivement dans deux mémoires tampons (buff 0, buff 1) et en ce que l'établissement de la variation d'intensité est obtenu par traitement des signaux contenus dans l'une des mémoires  
30 tampons pendant le chargement des signaux dans l'autre mémoire tampon.

6. Procédé suivant la revendication 5, caractérisé en ce que les échantillons chargés dans les mémoires tampons (buff 0, buff 1) qui correspondent à

des niveaux hauts des échantillons de signaux TTL correspondants sont transférés à un tableau (TAB) et en ce que la valeur de la variation de courant est établie par la relation  $\Delta I = |TAB(1) - TAB(2p)|$  dans laquelle TAB(1) et TAB(2p) sont respectivement les valeurs du premier et du dernier échantillon transférés au tableau (TAB) à partir des deux mémoires tampons (buff 0, buff 1).

7. Procédé suivant la revendication 6, caractérisé en ce qu'il consiste en outre à localiser un événement en recherchant dans le tableau (TAB) le premier élément (pos) qui satisfait à la relation  $|TAB(0) - TAB(pos)| > \delta$  et qui définit la position du début de l'événement analysé.

8. Procédé suivant la revendication 7, caractérisé en ce qu'il consiste en outre à analyser le transitoire du signal en recherchant à partir de l'élément TAB(pos) satisfaisant à la relation  $|TAB(0) - TAB(pos)| > \delta$ , l'élément de rang f satisfaisant à la relation  $|TAB(pos) - TAB(f)| < \delta$  pour déterminer la durée du transitoire  $TRAN = f - pos$ .

9. Procédé suivant l'une des revendications 7 et 8, caractérisé en ce que le tableau (TAB) est chargé par les valeurs obtenues par des intégrations numériques du signal de courant (i) sur des intervalles d'une période.

10. Appareil d'analyse de signaux de courant et de tension pour la mise en oeuvre du procédé suivant l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (4) de prélèvement du courant (i) et des moyens de prélèvement de la tension sur le tableau de comptage d'une installation des moyens (5,11,15) pour générer au moins une fois par période du signal d'entrée, une tension (Uc) propor-



tionnelle à l'intensité du courant (i) prélevé, des  
moyens (16,19) pour générer à chaque passage par zéro  
du signal d'entrée, un signal TTL synchronisé avec la  
tension (Uc) proportionnelle à l'intensité du courant  
5 (i) des moyens (2) d'échantillonnage du signal de  
courant (i), du signal de tension (u), du signal (Uc)  
proportionnel au signal de courant (i) et du signal  
TTL et des moyens (1) de traitement de échantillons  
desdits signaux destinés à établir une variation de  
10 l'intensité du courant ( $\Delta I$ ) à partir d'un nombre  
prédéterminé d'échantillons du signal (Uc) proportion-  
nel à l'intensité et si cette variation d'intensité  
est supérieure à un seuil ( $\delta$ ) correspondant à une  
durée suffisante de l'évènement détecté, à calculer  
15 les paramètres d'identification du phénomène à partir  
des signaux d'intensité et de tensions échantillonnés.

11. Appareil suivant la revendication 10,  
caractérisé en ce que les moyens de prélèvement du  
courant (i) sont constitués par une pince ampéremè-  
20 trique (4) et en ce que les moyens pour générer le  
signal de tension (Uc) proportionnelle au courant (i)  
comprennent un condensateur (7) formant avec une  
résistance (9) connectée à l'entrée du prélèvement du  
courant (i) de l'appareil, un circuit RC à constante  
25 de temps très faible, la décharge brusque du condensa-  
teur (7) étant commandée par un transistor (8) dont la  
conduction est déclenchée par un circuit de commande  
(11) à détection du passage par zéro du signal d'in-  
tensité (i).

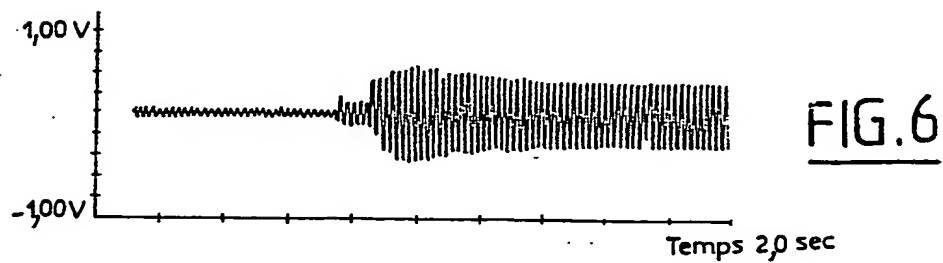
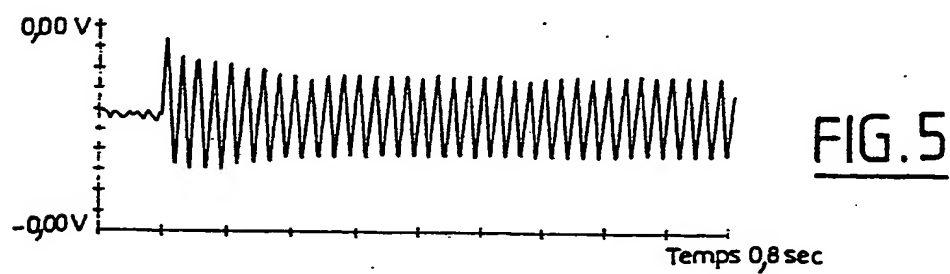
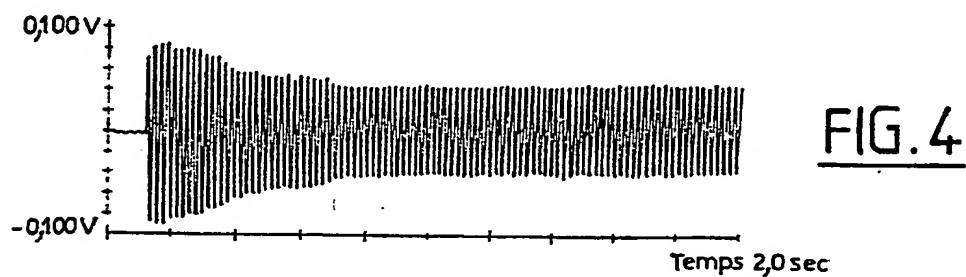
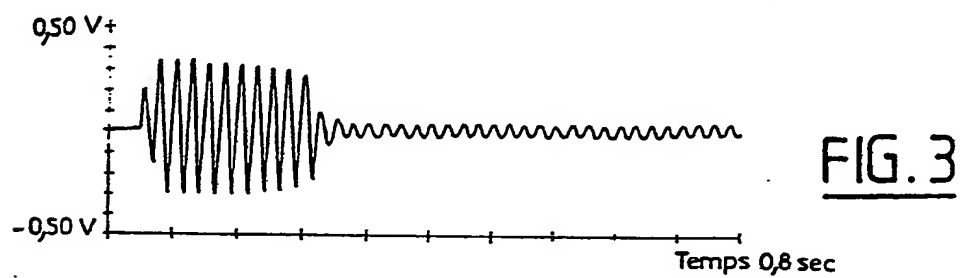
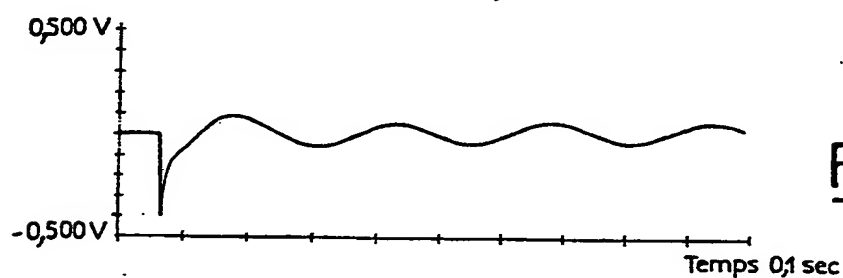
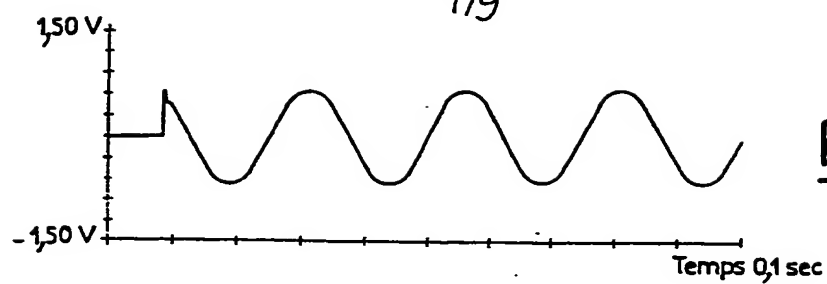
30 12. Appareil suivant l'une des revendica-  
tions 5 et 11, caractérisé en ce que les moyens pour  
générer le signal TTL comprennent un détecteur (16) du  
passage par zéro du signal d'intensité du courant (i)  
et un circuit monostable (19) de mise en forme du

signal TTL.

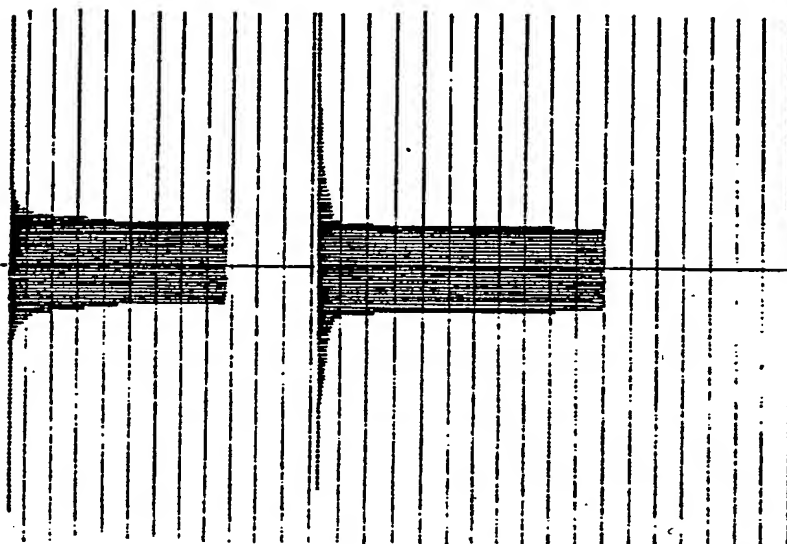
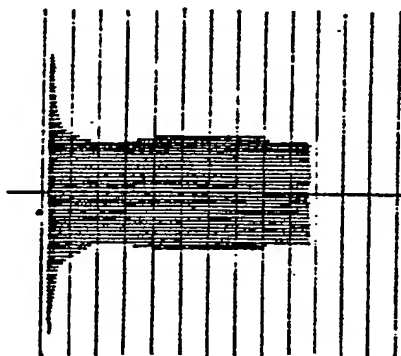
13. Appareil suivant l'une des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que les moyens d'échantillonnage font partie d'un circuit d'acquisition programmable qui assure en outre le multiplexage des échantillons en vue de leur transmission aux moyens de traitement (1).

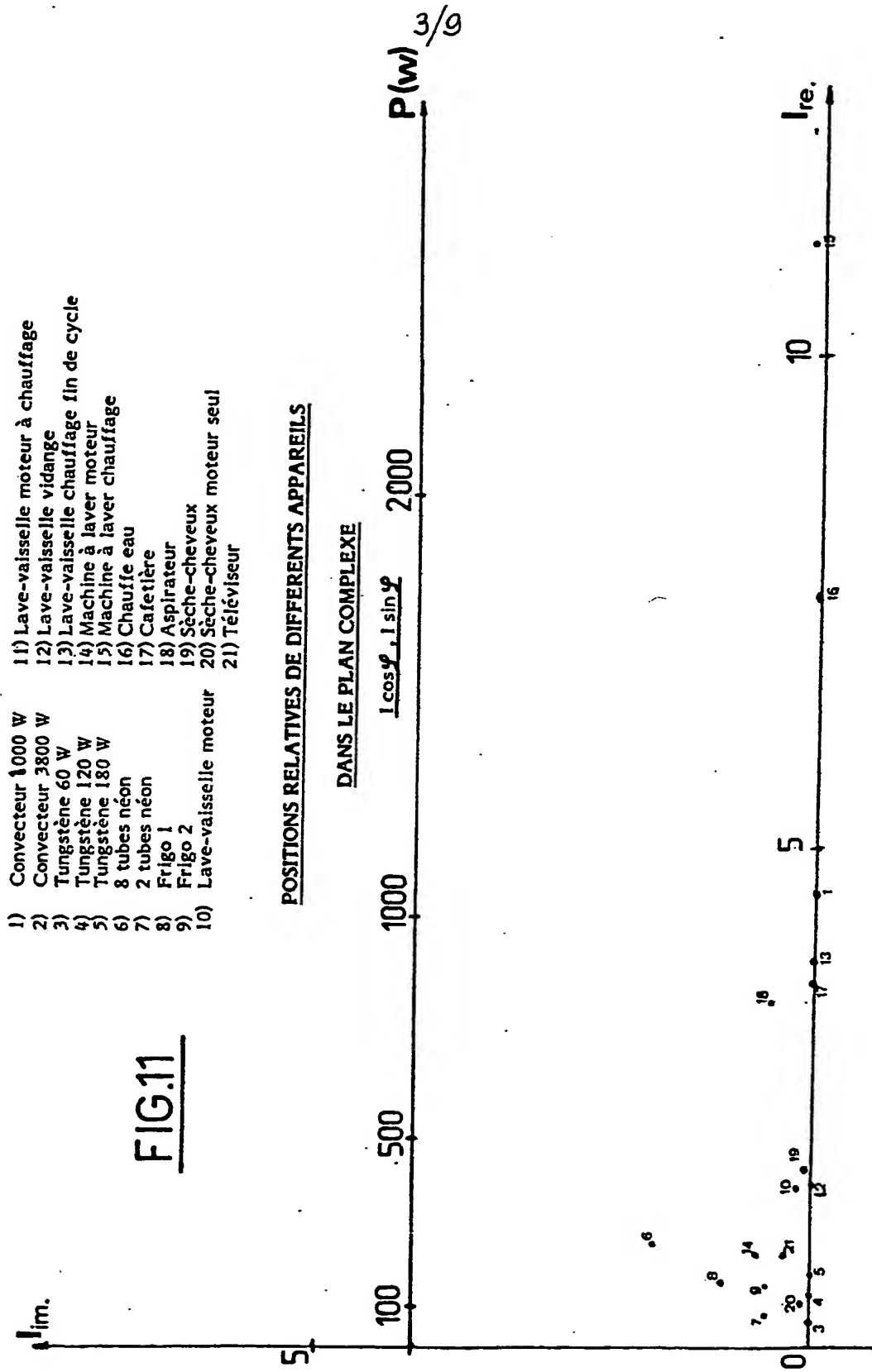
14. Appareil suivant l'une quelconque des revendications 10 à 13, caractérisé en ce que lesdits moyens de traitement (1) sont constitués par un ordinateur dans la mémoire centrale duquel sont définies deux zones identiques de mémoire tampon (buff 0, buff 1) de stockage alternatif des échantillons des signaux de courant (i) de tension (u), des signaux de tension (Uc) proportionnelle au courant et des signaux TTL.

1/9

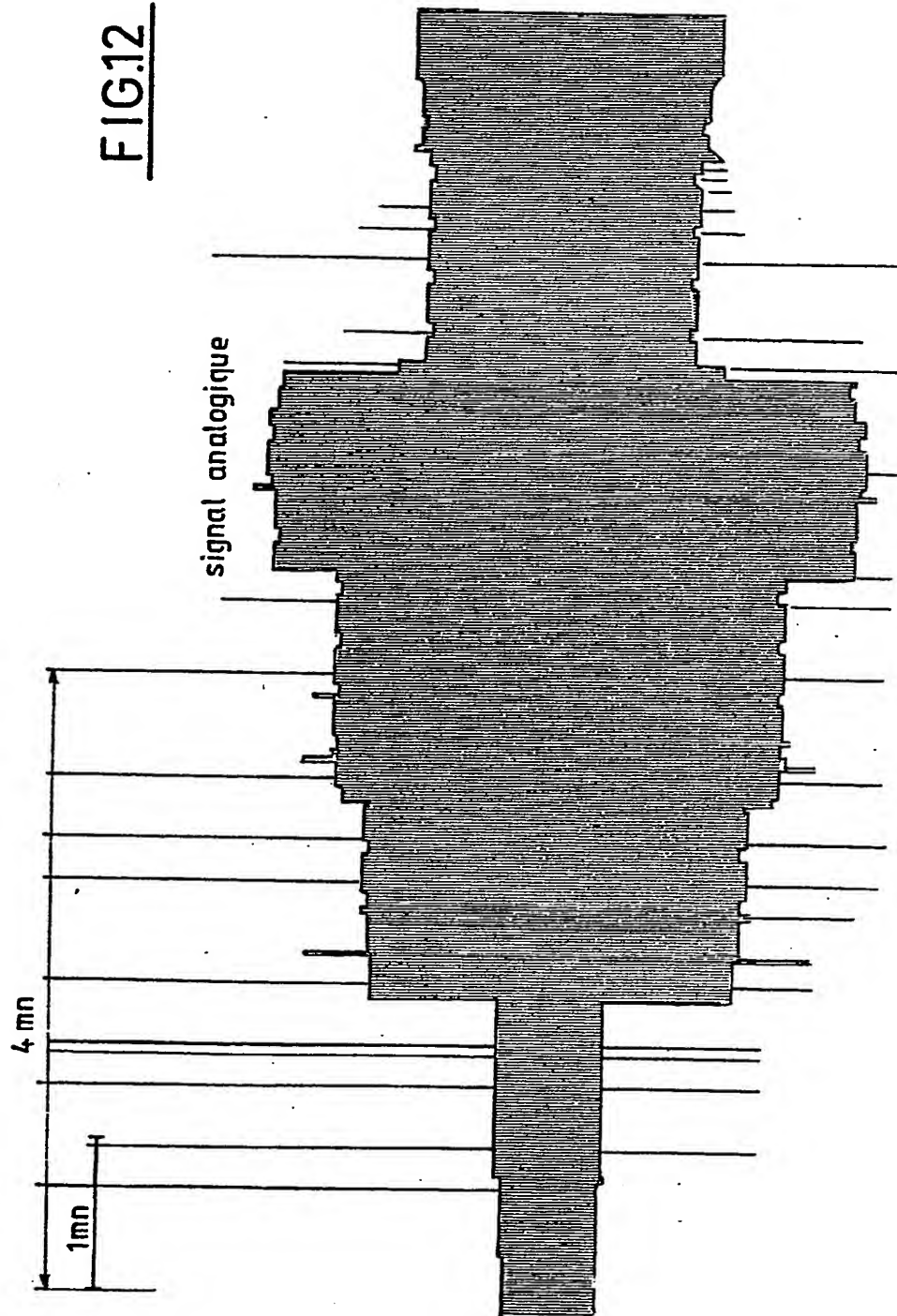


2/9

FIG. 7FIG. 8FIG. 9FIG. 10



4/9

FIG.12

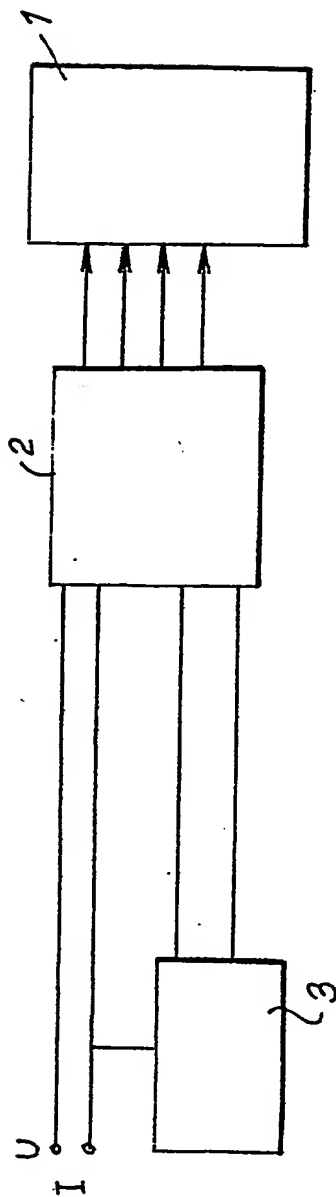


FIG.13

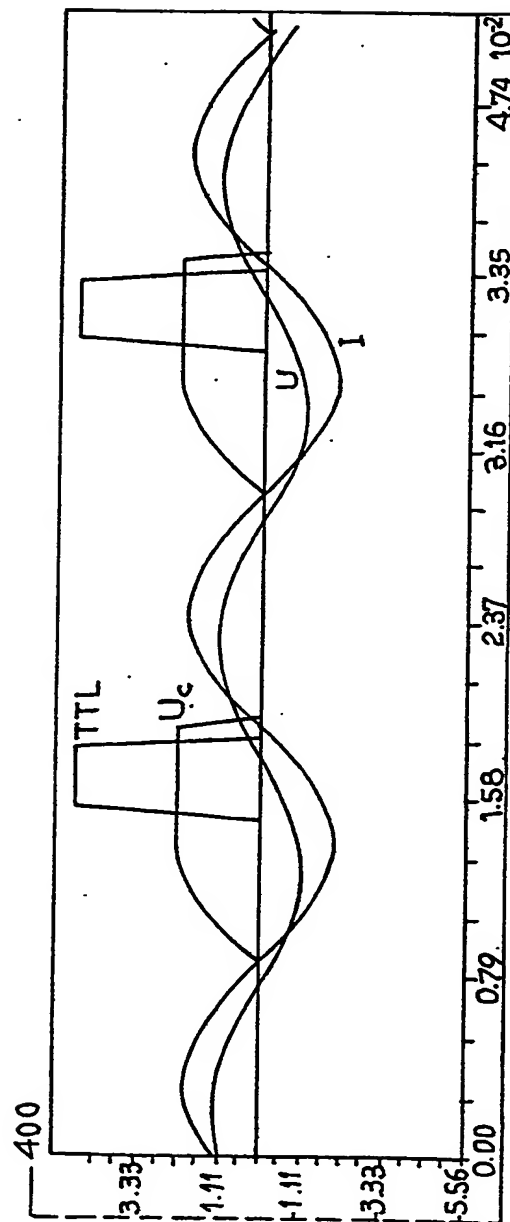


FIG.16

6/9

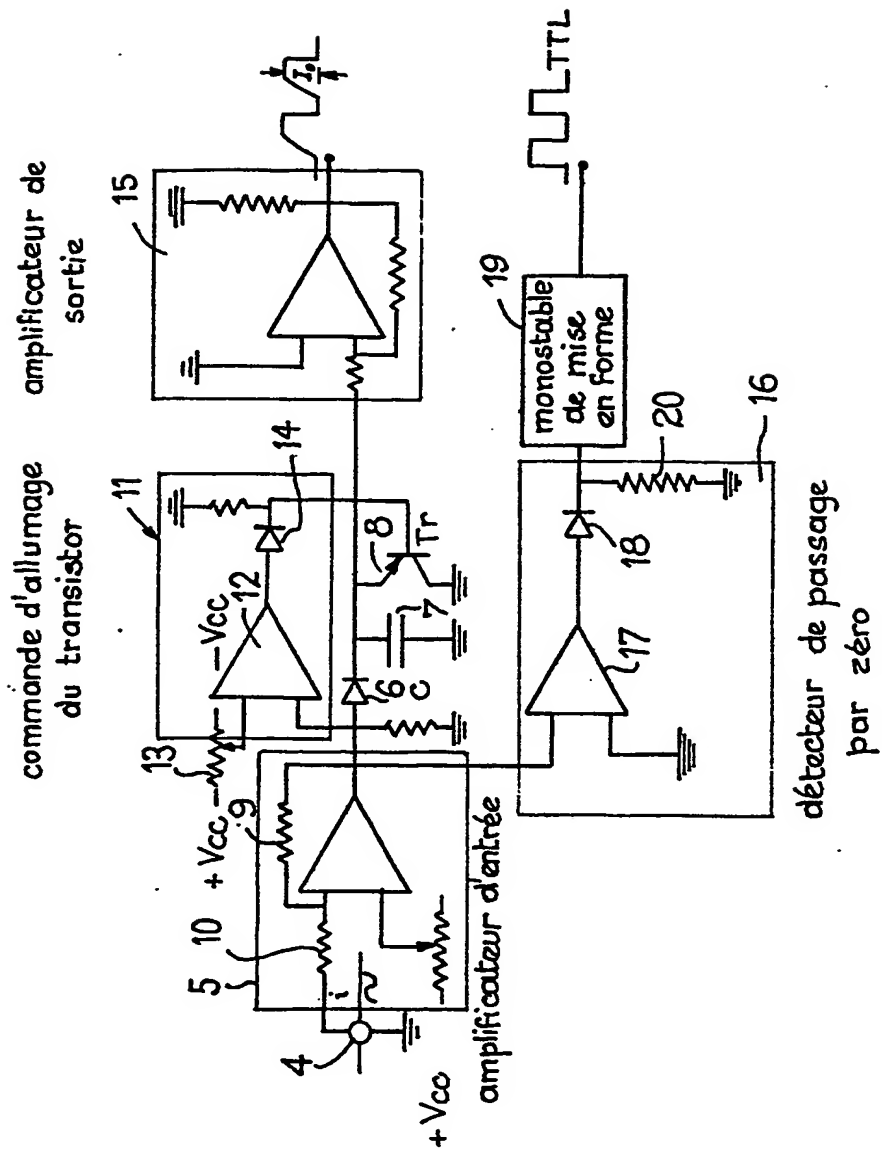


FIG.14



**FIG.15**

FIG.17

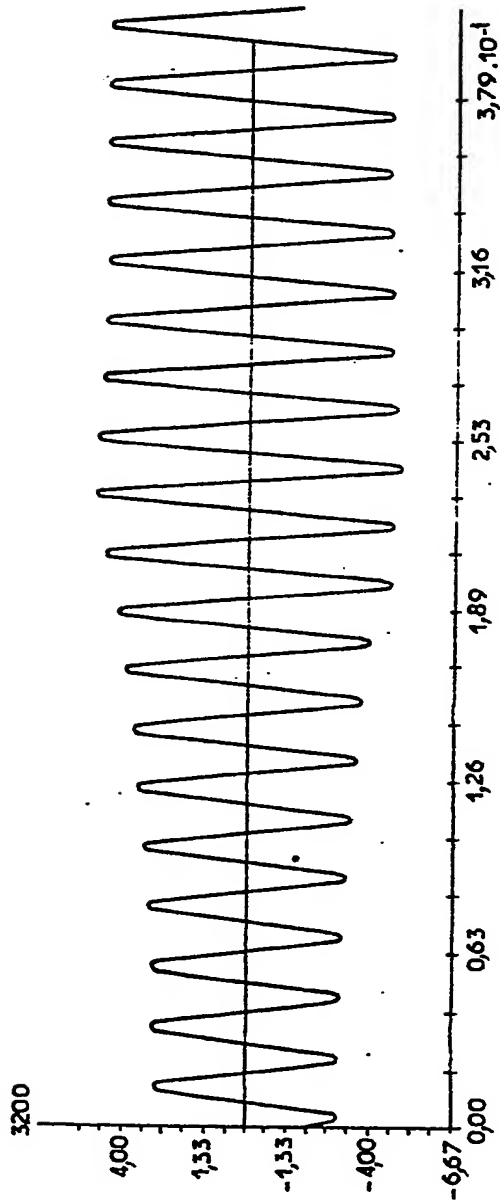
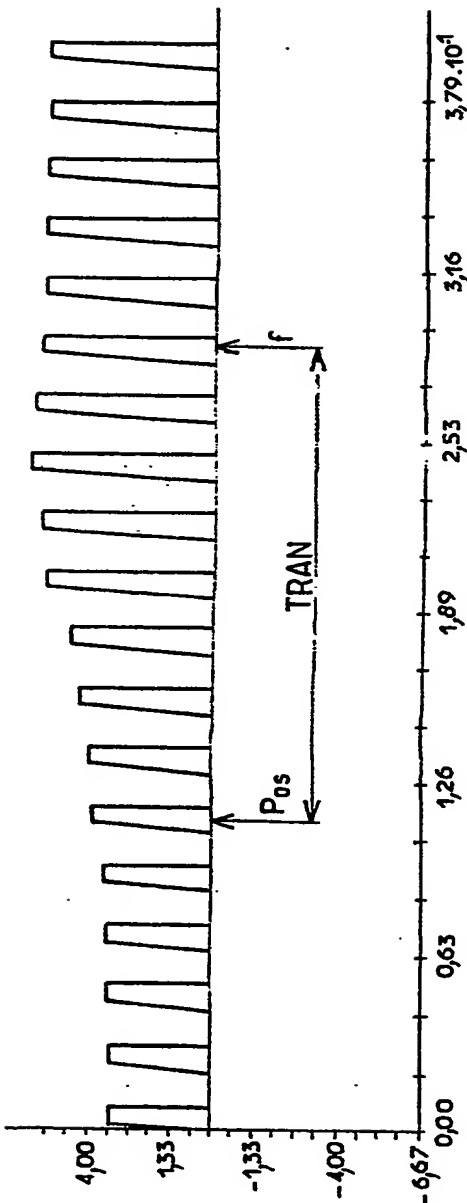


FIG.18



9/9

FIG.19